

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Филиал Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова
в городе Сарове

УТВЕРЖДАЮ

Директор филиала МГУ в городе
Сарове

 /В.В. Воеводин/

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля):

Вычислительные методы геофизической гидродинамики

Уровень высшего образования:

магистратура

Направление подготовки (специальность):

01.04.02 "Прикладная математика и информатика"

Направленность (профиль) ОПОП:

"Вычислительные методы и методика моделирования"

"Суперкомпьютерные технологии математического моделирования и обработки данных"

Форма обучения:

Очная

Саров 2021

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки по направлениям 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

1. НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вычислительные методы геофизической гидродинамики

2. УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Подготовка научно-педагогических кадров в магистратуре.

3. НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ, НАПРАВЛЕННОСТЬ (ПРОФИЛЬ) ПОДГОТОВКИ

Направление 01.04.02 «Прикладная математика и информатика». Направленность (профиль) «Математические и компьютерные методы решения задач естествознания». Образовательная программа «Вычислительные технологии и моделирование».

4. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть магистерской образовательной программы «Вычислительные технологии и моделирование», изучается в 3 семестре.

5. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения
Способность применять современные методы математического моделирования в задачах физики атмосферы и климатического прогноза (СПК-26)	З1 (СПК-26) Знать: Теоретические основы современных методов математического моделирования в задачах физики атмосферы и климатического прогноза, связанные с понятиями вычислительной устойчивости и аппроксимации, монотонности разностной схемы, локальной и глобальной консервативности. У1 (СПК-26) Уметь Строить численные алгоритмы решения задач гидродинамики на основе монотонных и квазимоноотонных разностных схемы, метода конечного объема, полулагранжева метода, осуществлять Фурье-

	анализ разностных аппроксимаций. В1 (СПК-26) Владеть навыками построения численных схем решения уравнения переноса и невязкого уравнения Бюргерса.
--	---

Оценочные средства для промежуточной аттестации приведены в Приложении.

6. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа.

36 часов составляет контактная работа с преподавателем – 16 часов занятий лекционного типа, 14 часов занятий семинарского типа (семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и т.п.), 0 часов индивидуальных консультаций, 2 часа групповых консультаций, 2 часа мероприятий текущего контроля успеваемости, 2 часов промежуточной аттестации.

36 часов составляет самостоятельная работа учащегося.

7. ВХОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Учащиеся должны владеть знаниями по математическому анализу, линейной алгебре, функциональному анализу, дифференциальным уравнениям и краевым задачам, численным методам в объеме, соответствующем основным образовательным программам бакалавриата по укрупненным группам направлений и специальностей 01.00.00 «Математика и механика», 02.00.00 «Компьютерные и информационные науки».

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Технология концентрированного обучения, Технология критериально - ориентированного обучения (полного усвоения)

9. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основу данного курса составляют понятия вычислительной устойчивости и аппроксимации, монотонности разностной схемы, локальной и глобальной консервативности. В курсе рассматривается уравнение переноса (адвекции), как в одномерном, так и многомерном случае, в т.ч. на сфере. Приводятся свойства решения этого уравнения. Изучаются методы решения уравнения переноса, монотонные и квази-монотонные разностные схемы. Рассматриваются простейшие разностные схемы, и на их примере демонстрируется Фурье-анализ разностных аппроксимаций. Отдельно рассматриваются метод конечных объемов, полулагранжев метод.

Рассматривается проблема нелинейной неустойчивости разностных схем для нелинейных уравнений (в основном на примере невязкого уравнения Бюргерса).

Изучается ограничение на сеточное число Рейнольдса.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы						Самостоятельная работа учащегося, часы		
		из них						из них		
Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости: коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего		
<p>Тема 1. Полулагранжев метод для численного решения одномерного уравнения переноса</p> <p>Сущность, критерий устойчивости, достоинства и недостатки метода. Принципы построения варианта полулагранжева метода, сохраняющего массу переносимого вещества.</p>	18	4	2	2	-	-	8	10	-	10
Тема 2. Линейные мо-	16	4	2	-	-	2	8	8	-	8

нотонные схемы для гиперболических уравнений. Идея построения схем. Теорема Годунова. Примеры линейных монотонных схем.											
Тема 3. Нелинейные монотонные схемы. Идея построения нелинейных монотонных схем. Пример построения. Схема Лакса-Вендроффа.	18	4	2	2	-	-	8	10	-	10	
Тема 4. Нелинейная неустойчивость. Принципы исследования на нелинейную устойчивость. Уравнение Бюргера. Пример неустойчивой схемы. Построение устойчивой разностной схемы для этого уравнения.	18	4	4	-	-	2	10	8	-	8	
Промежуточная аттестация – зачет	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	
Итого	72						36	36			

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ

Самостоятельная работа учащихся состоит в изучении лекционного материала, учебно-методической литературы, подготовки к практическим заданиям текущего контроля и промежуточной аттестации.

11. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Основная учебно-методическая литература

1. Марчук Г.И., Дымников В.П., Залесный В.Б. Математические модели в геофизической гидродинамике и численные методы их реализации. Ленинград: Гидрометеиздат, 1987 г.
2. Durran D. Numerical Methods for Fluid Dynamics (With Applications to Geophysics) 2nd Edition, Springer, 2010, 512 стр.
3. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы математической физики. 2е изд. М.: Изд-во «Научный мир», 2003
4. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. Пер. с англ. М.: изд-во «Мир», 1991 г., в 2 т.
5. Численные методы, используемые в атмосферных моделях. Пер. с англ. Под ред. В.П.Садокова. Л.: Гидрометеиздат, 1982

Дополнительная литература

6. Рябенский В.С. Введение в вычислительную математику. 2-е изд., исправ. - М.: Физматлит, 2000. 296с. ISBN 5-9221-047-5.
7. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.Г. Численные методы. 8-ое изд. М.: Лаборатория базовых знаний, 2000, 624 с.

Лицензионное программное обеспечение, в том числе отечественного производства

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Программный продукт Red Hat Enterprise Linux Server for HPC Compute Node for Power, LE, Self-support 4 шт. №5540331
2. Программный продукт Red Hat Enterprise Linux Server for HPC Head Node for Power, LE, Standard 1 шт. №5540332
3. Операционная система SUSE Linux Enterprise Server 11 SP4 for x86_64 16 шт.
4. Операционная система Red Hat Enterprise Linux Server 5.0 for x86_64 14шт.
5. Операционная система SUSE Linux Enterprise Server 10 SP3 for ppc64 7 шт.
6. Операционная система Ubuntu 18.04.
7. Программное обеспечение для виртуализации Oracle VM VirtualBox

8. Операционная система ALTLinuxMATEStarterkit 9 лицензияGPL
9. Программный продукт JetBrains IntelliJ IDEA Community Edition Free Educational Licenses
10. Программный продукт JetBrainsPyCharm Community Edition Free Educational Licenses
11. Программный продукт JetBrainsCLion Community Edition Free Educational Licenses
12. Программный продукт UPPAAL (<http://www.uppaal.org/>) академическая лицензия
13. Программный продукт Java 8 (64-bit)Oracle Corporation
14. Программный продукт Java SE Development Kit 8(64-bit) Oracle Corporation
15. Программный продукт NetBeans IDE 8.2 NetBeans.org
16. Программный продукт Dev-C++ Bloodshed Software
17. Программный продуктCodeBlocksThe Code::Blocks Team
18. Программный продукт Free Pascal 3.0.0Free Pascal Team
19. Программный продукт Python 3.5.1 (64-bit)Python Software Foundation
20. Программный продукт R for Windows 3.2.2 R Core Team
21. Программный продуктHaskell Platform 7.10.3 Haskell.org
22. Операционная система Microsoft Windows 7 корпоративная академическая лицензия
23. Операционная система Microsoft Windows 10 Education академическая лицензия
24. Программный продукт Microsoft ProjectProfessional 2013 академическая лицензия
25. Программный продукт Microsoft VisioProfessional 2013 академическая лицензия
26. Программный продуктMicrosoft VisualStudioProfessional 2013 - RUS [Русский (Россия)] академическая лицензия

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. <http://www.edu.ru> – портал Министерства образования и науки РФ
2. <http://www.ict.edu.ru> – система федеральных образовательных порталов «ИКТ в образовании»
3. <http://www.openet.ru> - Российский портал открытого образования
4. <http://www.mon.gov.ru> - Министерство образования и науки Российской Федерации
5. <http://www.fasi.gov.ru> - Федеральное агентство по науке и инновациям

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

<https://elibrary.ru>

<https://www.scopus.com>

<http://apps.webofknowledge.com>

Информационные технологии, используемые в процессе обучения

Использование электронных образовательных ресурсов, электронных библиотек.

Материально-техническая база

Для преподавания дисциплины требуется класс, оборудованный маркерной или меловой доской.

12. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Русский

13. РАЗРАБОТЧИК ПРОГРАММЫ, ПРЕПОДАВАТЕЛИ

д.ф.м.н., Толстых Михаил Андреевич (tolstykh@inm.ras.ru)

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине

«Вычислительные методы геофизической гидродинамики»

Промежуточная аттестация экзамена, в ходе которого дается задание, проверяющее приобретенные учащимся умения и навыки, и проводится индивидуальное собеседование, проверяющее приобретенные знания.

Средства для оценивания планируемых результатов обучения, критерии и показатели оценивания приведены ниже.

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ	КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ из соответствующих карт компетенций					ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
	1	2	3	4	5	
	Неудовлетворительно	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично	
31 (СПК-26) Знать: теоретические основы современных методов математического моделирования в задачах физики атмосферы и климатического прогноза, связанные с понятиями вычислительной устойчивости и аппроксимации, монотонности	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о теоретических основах современных методов математического моделирования в задачах физики атмосферы и климатического прогноза - понятиях вычислительной устойчивости и аппроксимации, монотонности разностной схемы, локальной и глобальной консервативности.	В целом сформированные, но неполные знания основах современных методов математического моделирования в задачах физики атмосферы и климатического прогноза - понятиях вычислительной устойчивости и аппроксимации, монотонности разностной схемы, локальной и глобальной консервативности.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основах современных методов математического моделирования в задачах физики атмосферы и климатического прогноза - понятиях вычислительной устойчивости и аппроксимации, монотонности разностной схемы, локальной и глобальной консервативности.	Сформированные систематические знания основах современных методов математического моделирования в задачах физики атмосферы и климатического прогноза - понятиях вычислительной устойчивости и аппроксимации, монотонности разностной схемы, локальной и глобальной консервативности.	индивидуальное собеседование

разностной схемы, локальной и глобальной консервативности.						
У1 (СПК-26) Уметь Строить численные алгоритмы решения задач гидродинамики на основе монотонных и квазимоноотонных разностных схемы, метода конечного объема, полулагранжева метода, осуществлять Фурье-анализ разностных аппроксимаций.	Отсутствие умений	Фрагментарные умения в области построения численных алгоритмов решения задач гидродинамики на основе монотонных и квазимоноотонных разностных схем, метода конечного объема, полулагранжева метода, Фурье-анализа разностных аппроксимаций	В целом сформированное, но не систематическое умение в области построения численных алгоритмов решения задач гидродинамики на основе монотонных и квазимоноотонных разностных схем, метода конечного объема, полулагранжева метода, Фурье-анализа разностных аппроксимаций	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение в области построения численных алгоритмов решения задач гидродинамики на основе монотонных и квазимоноотонных разностных схем, метода конечного объема, полулагранжева метода, Фурье-анализа разностных аппроксимаций	Сформированное систематическое умение в области построения численных алгоритмов решения задач гидродинамики на основе монотонных и квазимоноотонных разностных схем, метода конечного объема, полулагранжева метода, Фурье-анализа разностных аппроксимаций	Задание из экзаменационного билета
В1 (СПК-26) Владеть навыками построения численных схем решения уравнения переноса и невязкого уравнения Бюргерса.	Отсутствие навыков	Фрагментарное владение навыками построения численных схем решения уравнения переноса и невязкого уравнения Бюргерса.	В целом сформированное, но не систематическое владение навыками построения численных схем решения уравнения переноса и невязкого уравнения Бюргерса.	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками построения численных схем решения уравнения переноса и невязкого уравнения Бюргерса.	Сформированное систематическое владение навыками построения численных схем решения уравнения переноса и невязкого уравнения Бюргерса.	Задание из экзаменационного билета

Фонды оценочных средств

Список вопросов для индивидуального собеседования на промежуточной аттестации.

1. Полулагранжев метод для численного решения одномерного уравнения переноса – сущность, критерий устойчивости, достоинства и недостатки. Принципы построения варианта полулагранжева метода, сохраняющего массу переносимого вещества.
2. Линейные монотонные схемы для гиперболических уравнений. Теорема Годунова. Примеры линейных монотонных схем.
3. Нелинейные монотонные схемы. Пример построения. Схема Лакса-Вендроффа.
4. Нелинейная неустойчивость. (Уравнение Бюргерса) Пример неустойчивой схемы. Построение устойчивой разностной схемы для этого уравнения.

Примерное задание из экзаменационного билета для промежуточной аттестации.

ПКЗ ПА. Построить устойчивую линейную монотонную разностную схему решения одномерного уравнения переноса.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Лекционный материал закрепляется одним письменным заданием (построение компактной разностной аппроксимации первой производной на достаточно произвольном шаблоне) и двумя интерактивными лабораторными работами: по различным методам решения одномерного уравнения переноса и по различным конечно-разностным схемам для решения невязкого уравнения Бюргерса. По итогам лабораторных работ происходит их защита с представлением и объяснением полученных численных решений.

Итоговая оценка промежуточной аттестации складывается из наличия теоретических знаний, практических навыков и умений. На основе анализа результатов обучения «Знать», «Уметь», «Владеть» выставляется оценка по каждой из указанных категорий в соответствии с критериями и показателями результата оценивания результата обучения, приведенными в таблице выше. Итоговую оценку рекомендуется ставить как среднюю из оценок по трем категориям результатов обучения при пересчете на 5-бальный эквивалент («неудовлетворительно» - 2, «удовлетворительно» - 3, «хорошо» - 4, «отлично» - 5). При этом, если по одной из категорий оценка «неудовлетворительно», то может быть выставлена общая оценка «удовлетворительно» (не выше) при наличии положительных оценок по другим категориям. Если по двум категориям оценка «неудовлетворительно», общая оценка «неудовлетворительно».